

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки – Электроника и нанoeлектроника
Кафедра промышленной и медицинской электроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка оптоэлектронной системы для исследования биотканей <i>in vivo</i> УДК 621.384:611.81:616-07

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A21	Ерахтин Игорь Константинович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ПМЭ	Аристов А. А.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Чистякова Н. О.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И. Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ	Ф.А. Губарев	к.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2016 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код
результата

Результат обучения

Профессиональные компетенции

- P1** Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте биомедицинской и экологической техники
- P2** Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
- P3** Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
- P4** Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной биомедицинской и экологической техники с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
- P5** Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
- P6** Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере биотехнических систем и технологий, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды

Универсальные компетенции

- P7** Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной

деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности

- P8** Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
- P9** Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
- P10** Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
- P11** Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
- P12** Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Форма задания на выполнение выпускной квалификационной работы

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки: Электроника и наноэлектроника
Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ Ф.А. Губарев
(Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1A21	Ерахтину Игорю Константиновичу

Тема работы:

Разработка оптоэлектронной системы для исследования биотканей in vivo	
Утверждена приказом директора ИНК (дата, номер)	№ 2784/с от 11.04.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объектом проектирования является система для исследования биотканей in vivo;

- Режим работы – импульсный;
- Частота работы излучателей - 500 Гц;
- Коэффициент заполнения – 10%;
- Длины волн излучателей – (808 и 640) нм \pm 15%;
- Мощность излучения – 100 мВт;
- Напряжение питания – 5 В;
- Использование МК - STM32F407VG;
- Регулировка мощности излучения;
- Регулировка усиления фотоприемника;
- Работа при фоновой засветке;
- Индикация с помощью LCDH1602A, построение диаграмм пульсовых волн на ПК;
- Получение диаграммы пульсовой волны;
- Портативное устройство массой не более 300 гр.;
- Условия эксплуатации – лабораторные.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Литературный обзор; Разработка структурной схемы устройства; Разработка принципиальной схемы устройства; Написание программы для микроконтроллера; Написание программы для ПК; Проведение экспериментов; В качестве дополнительных разделов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • социальная ответственность; • финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; <p>Заключение;</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>ПРИЛОЖЕНИЕ А «Схема электрическая принципиальная»; Презентация MS PowerPoint 2013.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Чистякова Наталья Олеговна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ПМЭ	Аристов А.А.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A21	Ерахтин И.К.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 124 с., 42 рис.,
24 табл., 34 источников, 4 прил.

Ключевые слова: ближняя инфракрасная спектроскопия, усилитель сигнала фотодиода, импульсный источник тока, пульсовая волна, диагностика гематом.

Объектом исследования является оптоэлектронная система для исследования биотканей *invivo*.

Цель работы: разработка оптоэлектронной системы для исследования биотканей *invivo*, а именно получение диаграммы пульсовой волны.

В процессе исследования проводились: литературный обзор, разработка принципиальной схемы устройства, написание программы МК и ПК.

В результате исследования: был спроектирован и изготовлен макет оптоэлектронной системы для исследования биотканей.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: режим работы – импульсный; частота работы излучателей – 500 Гц; коэффициент заполнения – 10%; длины волн излучателей – (808 и 640) нм $\pm 15\%$; мощность излучения – 100 мВт; напряжение питания – 5 В; использование мк – STM32F407VG; регулировка мощности излучения; регулировка усиления фотоприемника; работа при фоновой засветке; индикация с помощью LCDH1602A, построение диаграмм пульсовых волн на ПК; получение диаграммы пульсовой волны; портативное устройство массой не более 300 гр.; условия эксплуатации – лабораторные.

Степень внедрения: лабораторный макет.

Область применения: медицинские учреждения, полевые условия, машина скорой помощи.

Экономическая эффективность/значимость работы: конкуренция среди Российских производителей отсутствует, существующий зарубежный аналог

имеет высокую стоимость и низкую информативность получаемых диагностических данных.

В будущем планируется: изменить способ передачи данных с устройства на ПК, написать программу для обработки и визуализации данных на ПК, усовершенствовать автоматическую регулировку усиления, заменить LCDдисплейN1602A на графический дисплей.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ-12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
2. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
3. СП 52.13330.2011 «Свод правил. Естественное и искусственное освещение»
4. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»
5. ГОСТ 12.1.007- 76 «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»
6. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
7. ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.»
8. СанПиН 5804-91 «Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров»
9. ГОСТ Р-50723-94 «Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий»
10. ГОСТ 17.2.1.01-76 «Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу»
11. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования.»

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Обозначения и сокращения:

МК – микроконтроллер;

ПК – персональный компьютер;

БИК – ближняя инфракрасная спектроскопия;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

ОУ – операционный усилитель;

ВИП – вспомогательный источник питания.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	13
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	14
1.1 Внутричерепные гематомы	14
1.2 Спектроскопия в ближней инфракрасной области	17
1.3. Получение и прием зондирующего излучения в биомедицинской электронике	21
1.3.1. Формирование излучения	21
1.3.2. Прием излучения	25
1.3.3. Фильтрация сигнала принимаемого излучения	30
2. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ И ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ	33
2.1. Выбор и обоснование структурной схемы	33
2.2. Разработка принципиальной схемы	36
2.2.1 Преобразователь напряжения в ток для лазерных светодиодов.....	36
2.2.2. Преобразователь сигнала с фотодиода.....	39
2.2.3. Вспомогательный источник питания	45
2.2.4. Подключение ЖК-дисплея.....	46
2.2.5. Расчет цифрового фильтра	47
2.3 Алгоритм программы для МК	50
2.4. Алгоритмы программ для ПК	52
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	55
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	61
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследованийс позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	61
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	61
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	62
4.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	

4.1.3 SWOT-анализ.....	64
4.3 Планирование научно-исследовательских работ	67
4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	69
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	69
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	71
4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	72
4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	78
4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных(экспериментальных) работ.....	78
4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы	80
4.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	80
4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	83
4.4.6 Накладные расходы	84
4.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ..	85
4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ...	86
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	92
Введение	92
5.1 Производственная безопасность	92
5.1.1. Отклонение показателей микроклимата.....	93
5.1.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	95
5.1.3. Повышенный уровень шума на рабочем месте	95
5.1.4. Вредные вещества в воздухе рабочей зоны	96
5.1.5. Протекание электрического тока.....	97
5.1.6. Термическая опасность	98
5.1.7. Безопасность при работе с лазерами	99
5.2. Экологическая безопасность	100
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	100
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	104

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	105
ПРИЛОЖЕНИЕ А	109
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	112
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	122

ВВЕДЕНИЕ

Возникновение гематом при черепно-мозговых травмах является одной из актуальных медицинских проблем в связи с их большой распространенностью и значительной смертностью. Поэтому важно быстро и оперативно выявить наличие гематомы и ее местоположение, для ее дальнейшего удаления.

На данный момент распространены такие методы обнаружения гематом, как компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ). Однако, данные методы могут использоваться не всегда. Например, в тех случаях, когда нужна срочная оперативная помощь и нет времени на транспортировку до больницы или в зоне, где в последствии чрезвычайной ситуации много пострадавших (боевые действия, чрезвычайные ситуации). Решением данной проблемы может послужить использование ближней инфракрасной спектроскопии для обнаружения гематом.

Эти методы основаны на том, что гемоглобин (Hb) является хромофором - веществом, которое поглощает свет на конкретной частоте. И если в данном месте есть гематома, то из-за скопления крови концентрация оксигемоглобина (HbO_2) и дезоксигемоглобина (Hb) в данном месте будет выше, и при пропускании света в диапазоне 700 - 900 нм в направлении гематомы, большая часть света будет поглощена и малая часть отразится, это и будет означать наличие гематомы в данном месте [2]. Достоинствами данного метода являются неинвазивность, безопасность исследуемого спектра излучения и возможность создания портативного прибора.

Целью данной работы является разработка оптоэлектронной системы для исследования биотканей, на основании данного оптического метода.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Внутричерепные гематомы

Головной мозг находится внутри черепа, окруженный жидкостью, которая защищает его от толчков при обычных передвижениях. Но иногда жидкость не в состоянии нейтрализовать силу внезапного удара или быстрой остановки. В такой ситуации головной мозг резко встряхивается и с силой ударяется о стенку черепа, вследствие чего может произойти ушиб мозга.

Внутричерепная гематома развивается при разрыве кровеносного сосуда в головном мозге или между черепом и головным мозгом. Скопление крови (гематома) сдавливает ткань головного мозга.

Лечение внутричерепной гематомы зачастую требует проведения операции по удалению гематомы. Однако небольшая по размеру внутричерепная гематома не обязательно требует операции [1,3].

Симптомы

Признаки и симптомы внутричерепной гематомы могут развиваться через тот или иной промежуток времени после травмы либо непосредственно после нее. С течением времени давление на головной мозг возрастает, вызывая некоторые или все нижеперечисленные признаки и симптомы [3]:

- головная боль;
- тошнота;
- рвота;
- сонливость;
- головокружение;
- спутанность сознания;
- замедленная речь или потеря речи;
- разница величины зрачков;
- слабость в конечностях с одной стороны тела.

При большом количестве крови, заполняющей мозг или узкое пространство между головным мозгом и черепом, могут проявиться другие признаки и симптомы, например [3]:

- летаргия;
- судороги;
- кома.

Причины и виды гематом

Причиной внутричерепного кровотечения (кровоизлияния) является травма головы, часто вследствие автомобильной аварии, или кажущееся незначительным событие, например, удар головой. У пожилых людей даже легкая травма может вызвать гематому. Наличие открытой раны, синяка или другого внешнего признака не обязательно.

В результате травмы головы может развиваться субдуральная, эпидуральная или внутримозговая гематома.

Субдуральная гематома [1]: Это состояние развивается при разрыве кровеносных сосудов – обычно вен – между головным мозгом и твердой мозговой оболочкой (внешней из трех оболочек, покрывающих головной мозг). Изливающаяся кровь образует гематому, сдавливающую ткань головного мозга. Если гематома увеличивается, развивается прогрессирующее угасание сознания, что может привести к смерти.

Данный тип гематом требуют оказания медицинской помощи при первом проявлении симптомов и признаков, в противном случае гематома может привести к необратимому поражению головного мозга.

Эпидуральная гематома [1]: Эту гематому также называют экстрадуральной, она развивается при разрыве кровеносного сосуда – обычно артерии – между внешней поверхностью твердой мозговой оболочки и черепом. Часто повреждение кровеносного сосуда происходит вследствие перелома черепа. Кровь протекает между твердой мозговой оболочкой и черепом и

образует массу, которая сдавливает ткань головного мозга.

Риск смерти от эпидуральной гематомы является значительным, если быстро не начать лечение. Некоторые пациенты с подобным видом травмы могут оставаться в сознании, но большинство находится в сонном или коматозном состоянии с момента получения травмы [4].

Чаще всего они являются результатом авто- или мото-аварии, или других травматических происшествий.

Внутримозговая гематома [1]: Этот тип гематомы, также известной как интрапаренхиматозная гематома, развивается при проникновении крови в головной мозг. После травмы головы могут развиваться многочисленные внутримозговые гематомы.

Травма, приведшая к появлению таких гематом, часто вызывает поражение белого вещества. Такие поражения развиваются после того, как травма буквально разрывает нейриты в белом веществе головного мозга. Нейриты – это соединения, передающие электрические импульсы или сообщения от нейронов головного мозга к остальным частям организма. При разрыве данного соединения может появиться серьезное поражение головного мозга, потому что нейроны больше не могут взаимодействовать [5].

Внутричерепная гематома может угрожать жизни. Часто необходима экстренная медицинская помощь.

1.2 Спектроскопия в ближней инфракрасной области.

БИК-спектроскопия – это раздел спектроскопии, изучающий взаимодействие ближнего инфракрасного излучения (от 780 до 2500 нм) с веществами.

В разрабатываемом устройстве диагностика и определение местоположения гематом основаны на том что гемоглобин (Hb) является хромофором - веществом, которое поглощает свет на конкретной частоте. И если в данном месте есть гематома, то из-за скопления крови концентрация оксигемоглобина (HbO₂) и дезоксигемоглобина (Hb) в данном месте будет выше, и при пропускании света в диапазоне 700 - 900 нм в направлении гематомы, большая часть света будет поглощена и малая часть отразится, это и будет означать наличие гематомы в данном месте [2].

БИК-спектроскопия подчиняется закону Бугера — Ламберта — Бера, то есть интенсивность пропускаемого света связана с концентрацией раствора и длиной оптического пути через кювету. Данный закон выражается следующей формулой:

$$I(l) = I_0 \cdot e^{-k_\lambda \cdot l}, \quad (1.1)$$

где I_0 — интенсивность входящего пучка, l — толщина слоя вещества, через которое проходит свет, k_λ — показатель поглощения характеризует свойства вещества и зависит от длины волны λ поглощаемого света [7].

На основании данной зависимости и будет производиться вычисление расстояния от источника излучения до гематомы в разрабатываемом устройстве.

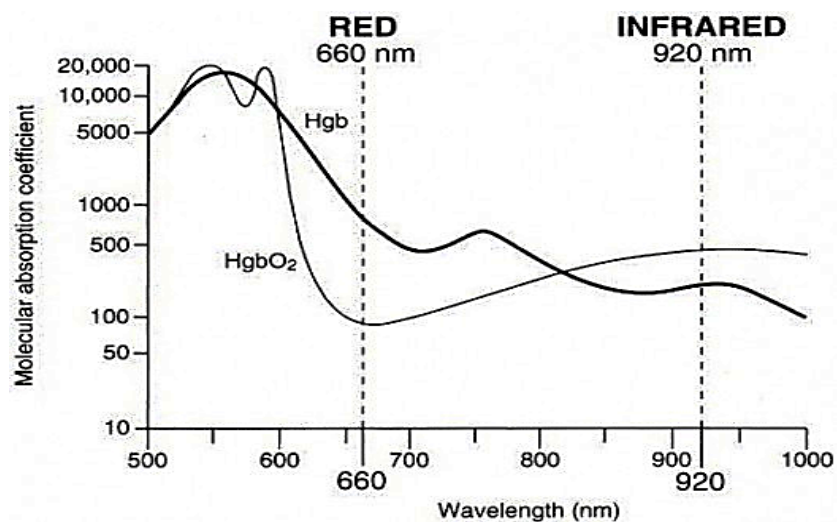


Рисунок 1– Зависимость молекулярного коэффициента поглощения света гемоглобином насыщенным и ненасыщенным кислородом при различных длинах волн.

Как видно, при различных длинах волн измерения по-разному чувствительны к оксигемоглобину и деоксигемоглобину. Если при измерении использовать излучатель с длиной волны соответствующей изобестической точке (примерно 810 нм), тогда метод будет одинаково чувствителен к обоим изменениям в общей концентрации гемоглобина. На основании этого в установке желательно использовать источник инфракрасного излучения с длиной волны лежащей в диапазоне 800-820 нм, тогда метод будет одинаково чувствителен к оксигемоглобину и деоксигемоглобину, и не будет реагировать на воду.

Так как в нашем организме кровь постоянно циркулирует, то в зависимости от притока или оттока крови от исследуемой ткани будет меняться свойства поглощения света биотканью. Данное свойство можно описать, так называемой, пульсовой волной (см. Рисунок 2). Исходя из этого, можно предположить, что в месте наличия гематомы, пульсовая волна будет менее выражена, то есть разница между максимумом и минимумом будет мала, что является еще одним параметром для определения гематомы.

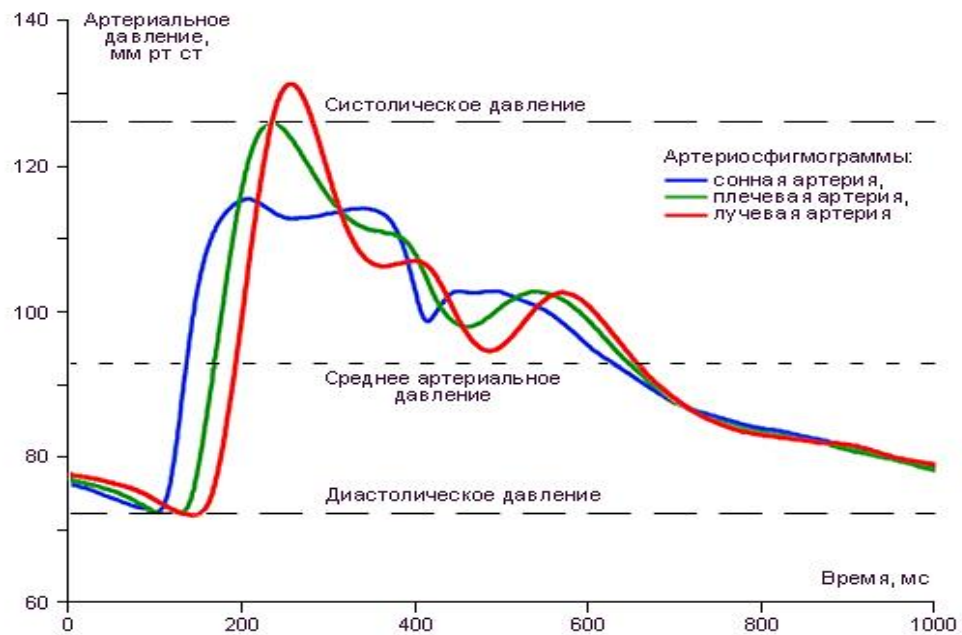


Рисунок 2 – Артезиосфигмограммы в различных артериях.

Однако, при БИК-спектроскопии наблюдается рассеивание света не только в пульсирующих артериях, но и в не пульсирующих, а также в венозной крови, при этом еще наблюдается процесс фонового поглощения света, который включает в себя: рассеивание света в молекулах, поглощение света экстрацеребральными тканями. Данные явления выглядят следующим образом (см. Рисунок 3.):

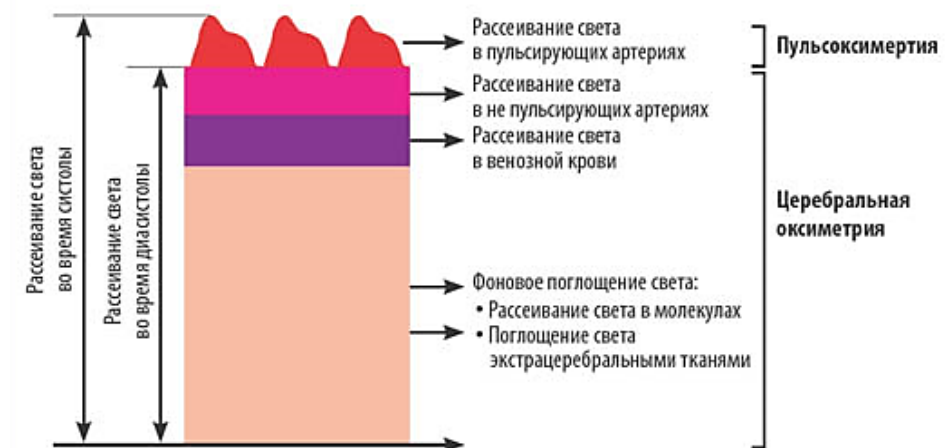


Рисунок 3 – Процессы рассеивания и поглощения в биотканях при БИК-спектроскопии.

Пульсоксиметрия – это метод, который использует две световые волны на длине волны и измеряет насыщение кислородом артериальной крови при

обязательном наличии пульсирующего тока крови. Данная пульсация составляет порядка 5 % от общего уровня зондирующего излучения. Таким образом, чтобы использовать данный метод с наибольшей достоверностью, необходимо выделять данную переменную составляющую и усиливать ее в дальнейшем в виду малости самой пульсации [8].

Данный метод используют в своей работе приборы, которые носят названия пульсоксиметры.

Целебральная оксиметрия – это метод, который использует четыре световые волны и измеряет насыщение кислородом артериальной и венозной крови вне зависимости от пульсирующего тока крови. Данный метод обладает высокой точностью, однако, реализация данного метода достаточно сложна, так как для анализа биоткани необходимо отследить каждую составляющую зондирующего сигнала по отдельности (см. Рисунок 3). Как следствие, данная методика является очень дорога в реализации [8].

Стоит заметить, что значительный вклад в поглощающее и рассеивающее свойство просвечиваемой области вносят ткани кожи и костей черепа. С оптической точки зрения кожа – это многослойная поглощающая среда с ярко выраженными рассеивающими свойствами. Взаимодействие света с такой средой носит сложный характер, который начинает проявляться уже при прохождении светом границы раздела воздух-кожа. Из-за разных показателей преломления воздуха и рогового слоя кожи падающее излучение частично отражается. Таким образом, сигнал от источника света, пройдя по определенной траектории через исследуемую ткань к детектору, сильно затухает.

Несмотря на значительное затухание световых волн из-за процессов поглощения и рассеяния, тем не менее, в регистрируемом излучении сохраняются спектроскопические признаки биотканей, через которые они прошли на пути к детектору.

1.3. Получение и прием зондирующего излучения в биомедицинской электронике

Системы для исследования биотканей с помощью БИК-спектроскопии имеют одну значительную особенность – это низкие уровни получаемого полезного сигнала (данное явление объяснено выше) соизмеримые с внешними наводками, засветками, дрейфами электронной компонентной базы и т.д., а иногда уровень полезного сигнала значительно ниже, чем нежелательная составляющая полученного сигнала. Таким образом, к системам для работы с биотканями предъявляются следующие критерии: высокий коэффициент усиления принимающей части, исключение внешних засветок и наводок, формирование стабильного зондирующего излучения, высокая проникающая способность излучения в биоткани и т.д.

1.3.1. Формирование излучения

В качестве излучателей могут быть использованы следующие электронные компоненты: лазерные светодиоды, индикаторные светодиоды, лампы накаливания, лазеры. Из всех приведенных компонентов, для целей БИК-спектроскопии, наиболее подходящими являются лазерные светодиоды, так как они обладают большим быстродействием, когерентностью, достаточной мощностью излучения и низким углом расходимости излучения, а также имеют различные спектры излучения [13,15].

При работе с лазерными светодиодами есть особенность – питать их необходимо не от источника постоянного напряжения, а от источника постоянного тока, причем чем стабильнее ток, тем стабильнее излучение светодиода. Таким образом, рассмотрим стабилизаторы тока.

Виды стабилизаторов тока в зависимости от применяемого активного элемента:

- на электровакуумной лампе;
- на биполярном транзисторе;

- на полевом транзисторе;
- на операционном усилителе;
- на других интегральных микросхемах.

Краткое сравнение и обоснования для выбора:

Стабилизатор тока на электровакуумной лампе:

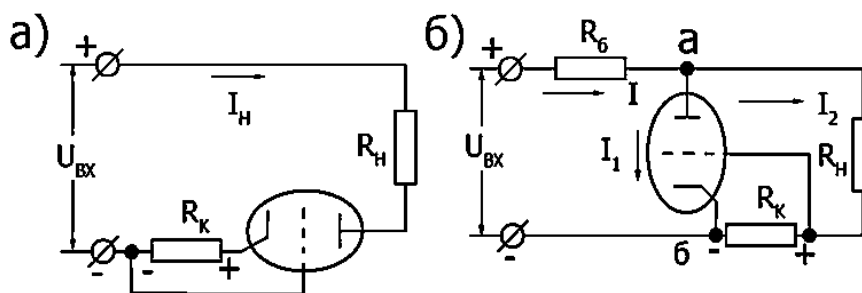


Рисунок 4 – Схемы электронной стабилизации тока на электровакуумных лампах.

Данные стабилизаторы тока обладают достаточно высокой степенью стабилизации, но при этом имеют ряд значительных недостатков, а именно: высокую стоимость элементов, значительные массогабаритные параметры, высокие рабочие напряжения, необходимость в дополнительном источнике накала, относительно небольшой срок службы и т.д [21]. Исходя из выше перечисленного, данный вид не подходит для работы в портативном переносном устройстве.

Стабилизатор тока на полевом транзисторе:

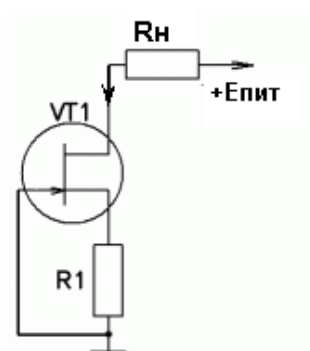


Рисунок 5 – Стабилизатор тока на полевом транзисторе.

Данный стабилизатор тока обладает рядом преимуществ, такими как:

простота реализации, высокая стабильность тока (выше, чем в схеме с биполярным транзистором, так как выходная ВАХ полевого транзистора положе, чем у биполярного). Но при всем этом, данный стабилизатор обладает недостатками: невысокая нагрузочная способность, низкое внутреннее сопротивление, трудность расчета, так как разброс параметров у полевого транзистора составляет 500%, поэтому имеет место только практический подбор элементов для каждого отдельного транзистора [15,16].

Стабилизатор тока на биполярном транзисторе:

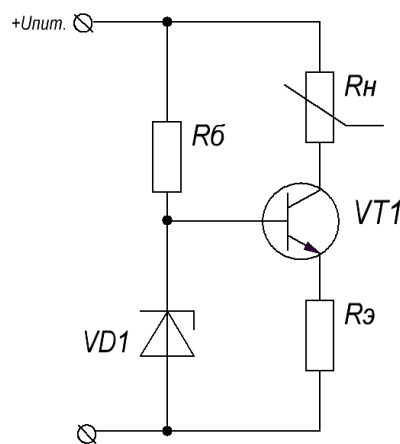


Рисунок 6 – Схема стабилизатора тока на биполярном транзисторе.

Данный стабилизатор тока обладает достаточно высокой степенью стабилизации тока, при этом имеет достаточно высокое внутреннее сопротивление, также обладает высокой нагрузочной способностью.

Основной проблемой при построении таких стабилизаторов является фиксация тока базы постоянным. Решают данную проблему с помощью нелинейных элементов (стабилитронов), но недостатком данного метода является отсутствие следящей ООС по нагрузке [12].

Стабилизатор тока на ОУ:

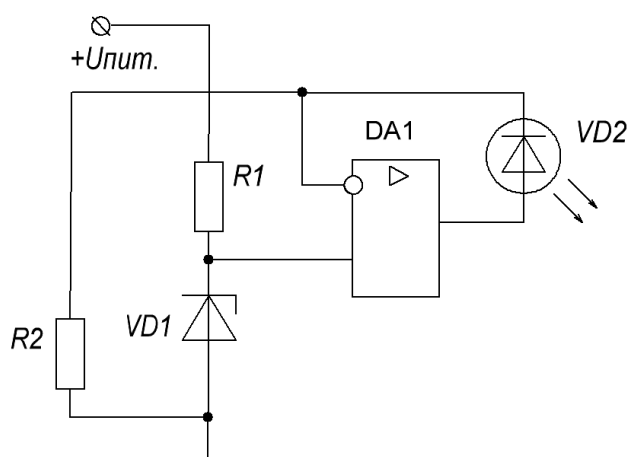


Рисунок 7 – Стабилизатор тока на ОУ.

Приведенная схема на операционном усилителе предназначена для генерации стабильного тока, и она отслеживает все изменения тока в нагрузке. Причем, стабильность данного источника тока очень высока, так как ОУ подавляет изменение тока нагрузки в K_u раз [19,20].

Схема источника тока на ОУ имеет небольшую нагрузочную способность, ограниченную максимальным током ОУ. Для увеличения нагрузочного тока можно применить более мощный операционный усилитель или поставить на выходе усилитель тока (см. Рисунок 8).

Обратная связь снимается с резистора, находящегося в эмиттерной цепи транзистора.

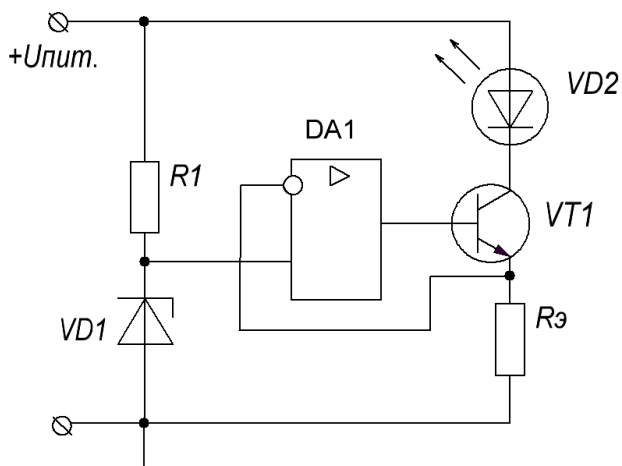


Рисунок 8 – Стабилизатор тока на ОУ с токовым усилителем.

Отмечу, что температурная нестабильность базового перехода здесь исключена, т.к. транзистор включен в цепь общей отрицательной связи. Также в качестве токового усилителя может быть использован полевой транзистор.

Таким образом, наиболее подходящим является стабилизатор тока на операционном усилителе с токовым усилителем.

1.3.2. Прием излучения

В качестве фотоприемника выгоднее использовать фотодиод, т.к. в сравнение с другими аналогичными фотоприемниками фотодиод обладает высокой интегральной чувствительностью, широким спектром длин волн, линейной зависимостью фототока диода от мощности излучения, таким образом, значительно упрощается обработка полученной информации.

Но несмотря на все преимущества фотодиода, он имеет такой недостаток, как очень низкий снимаемый сигнал, поэтому возникает необходимость в усилитель сигнала с фотодиода с высоким коэффициентом усиления для дальнейшего его исследования. Таким образом, рассмотрим усилители сигналов.

Виды усилителей в зависимости от применяемого активного элемента:

- на электровакуумной лампе;
- на биполярном транзисторе;
- на полевом транзисторе;
- на интегральных микросхемах.

Краткое сравнение и обоснования для выбора [12,13,15,16]:

1) Преимущества транзисторов и интегральных микросхем перед лампами:

- Незначительные массогабаритные параметры;

- Большой срок службы;
- Устойчивость к незначительным механическим воздействиям;
- Более низкие рабочие напряжения (что очень актуально в данном техническом задании);
- Нет необходимости во втором источнике питания, как у ламп для накала;
- Цена (на данный момент, электровакуумные лампы стоят значительно дороже, чем транзисторы и ИМС);
- Выше КПД;
- Простота реализации и настройки.

2) Недостатки транзисторов и ИМС перед лампами:

- Высокая чувствительность параметров к температуре;
- Восприимчивы к электромагнитному излучению.

Исходя из этого, выбор в пользу транзисторов и ИМС очевиден.

Сравнение усилителей на транзисторах и ИМС [12,13,15,16]:

- Чтобы добиться необходимого коэффициента усиления по напряжению, порядка 1000, потребуется около 3-х усилительных каскадов на биполярных транзисторах, около 4-х усилительных каскадов на полевых транзисторах и всего одну усилительную ИМС. Следовательно, габаритные параметры ниже у ИМС;

- В сравнении с транзисторными усилителями, усилители на ИМС имеют более простую реализацию;

- Т.к. в усилителях, построенных на базе ОУ, применяется ООС, то они имеют большее входное сопротивление, меньшее выходное сопротивление, по сравнению с транзисторными усилителями;

- Транзисторы в сравнении с ИМС имеют больший разброс

параметров (для биполярных около 200%, для полевых транзисторов около 500%), поэтому при построении усилителя на транзисторах имеет место практический подбор элементов;

- Усилители на транзисторах строго привязаны к напряжению питания и к сопротивлению нагрузки – при их изменении будет изменяться коэффициент усиления, что нельзя сказать о усилителях на ИМС;
- Транзисторные усилители имеют меньший КПД, чем усилители на микросхемах;
- На данный момент ассортимент усилительных ИМС, ничуть не уступает ассортименту транзисторов.
- Что касается цены ИМС и транзисторов, то она варьируется в большом диапазоне.

Исходя из данного сравнения следует, что выгоднее построить усилитель на базе усилительной ИМС.

Выбор схемы усилителя [17]:

Существуют два способа получения сигнала от фотодиода: измерение напряжения и измерение тока. Для измерения напряжения схема должна иметь высокий импеданс, чтобы ток, протекающий через ее вход, был минимальным. Это условие обеспечено в схеме, показанной на рисунке 9а. Здесь фотодиод включен последовательно с входом операционного усилителя, через который в идеале ток не течет. Цепь обратной связи, состоящая из резисторов R_1 и R_2 , задает усиление напряжения на фотодиоде так же, как если бы оно было приложено к входу усилителя. Очевидно, что измерение напряжения будет нелинейным. Отношение выходного напряжения к входной световой энергии будет логарифмическим, так как чувствительность фотодиода изменяется в зависимости от приложенного к нему прямого напряжения. Постоянная чувствительность при постоянном приложенном напряжении позволяет сделать вывод о том, что для получения линейной зависимости выходного сигнала от

Рисунке 9 - Выходным сигналом фотодиода может быть: а) напряжение; б) ток.

28

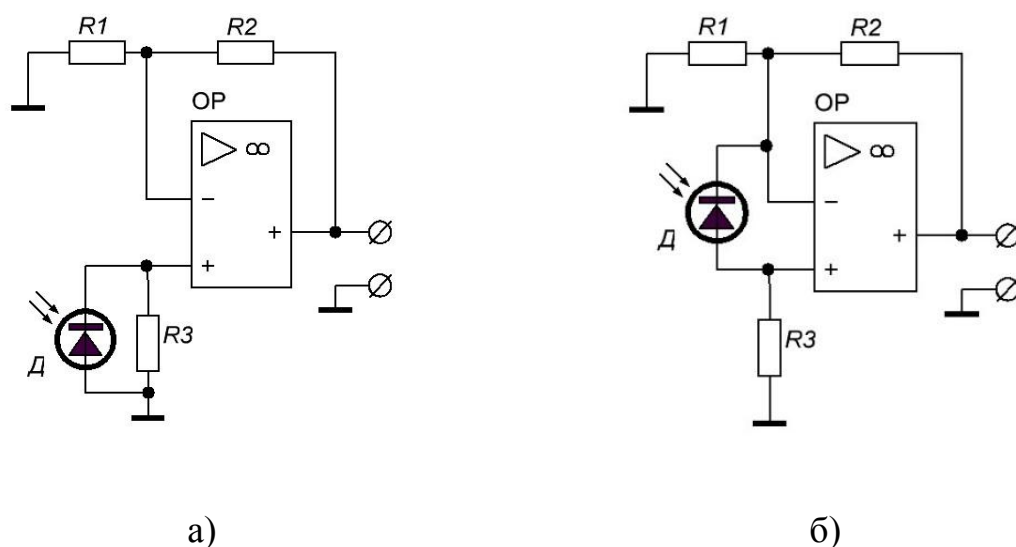


Рисунок 10 - Одновременное преобразование тока в напряжение и усиление по напряжению на одном операционном усилителе: а) влияние нежелательного напряжения на диоде; б) устранение влияния при помощи подключения диода между входами операционного усилителя.

Один и тот же ОУ может одновременно выполнять преобразование тока в напряжение и последующее усиление напряжения. Согласно традиционной технике, эта задача решается так, как показано на рисунке 10а, где $R3$ необходим для преобразования тока в напряжение, а $R1$ и $R2$ — для установки усиления по напряжению. Ток из диода $D1$ течет через резистор $R3$, в результате чего на неинвертирующем входе операционного усилителя появляется напряжение сигнала. Однако это напряжение также приложено к фотодиоду, и из-за этого возникает нелинейность, как было описано ранее. Вместо этого фотодиод подключается непосредственно между входами операционного усилителя, и тогда на нем поддерживается нулевое напряжение. Как показано на рисунке 10б, резисторы выполняют те же функции, что и в предыдущей схеме, но передаточная функция схемы будет линейной. Ток из фотодиода также течет через $R3$, создавая такое же сигнальное напряжение. Этот ток течет и в цепь обратной связи, но дает меньший эффект из-за меньшего сопротивления резисторов [17].

Таким образом, проанализировав все плюсы и недостатки выше описанных схем, приходим к выводу, что для простоты обработки полученных

данных выгоднее снимать данные с фотодиода в виде тока, а не в виде напряжения, в виду линейной зависимости тока к входному световому потоку. А для устранения влияния нежелательного напряжения на фотодиоде необходимо использовать подключение фотодиода между входами операционного усилителя.

1.3.3. Фильтрация сигнала принимаемого излучения

Системы БИК-спектроскопии биотканей имеют следующую особенность - низкие уровни получаемого полезного сигнала соизмеримые с внешними наводками, засветками, дрейфами электронной компонентной базы и т.д., а иногда уровень полезного сигнала значительно ниже, чем нежелательная составляющая полученного сигнала. Таким образом, необходимо выделить полезный сигнал на фоне шумов, наводок и т.д.

Для этих целей используют такие методы, как:

- Аналоговая фильтрация;
- Цифровая фильтрация;
- Метод компенсации нежелательного воздействия.

Под фильтрацией понимают такое преобразование сигнала, при котором его определенные полезные особенности сохраняются, а нежелательные свойства подавляются. Осуществляется фильтрация при помощи фильтра, представляющего собой динамическую систему с определенными динамическими свойствами [33].

Фильтрацию можно представить, как процесс изменения частотного спектра сигнала в некотором желаемом направлении. Этот процесс может привести к усилению или ослаблению частотных составляющих в некотором диапазоне частот, к подавлению или выделению какой-либо конкретной частотной составляющей и т.п. Разработка практических методов фильтрации процессов зачастую базируется на следующем принципиальном допущении:

спектры полезного сигнала и сигнала помехи не перекрываются [33].

Что касается аналоговой фильтрации, то смысл ее применения присутствует при непрерывном (аналоговом) сигнале. В зависимости от типа фильтра можно подавить высокочастотную составляющую сигнала, которой и является шум, либо задержать нежелательную постоянную составляющую, которой является засветка, либо «очистить» сигнал от нежелательных составляющих определенной частоты, например, от сетевой наводки или от засветки от ламп накаливания и газоразрядных ламп.

Цифровая фильтрация выполняет те же функции, что аналоговая фильтрация, но уже как в непрерывной области сигнала, так и в импульсной.

Алгоритм цифровой фильтрации выглядит следующим образом [33]:

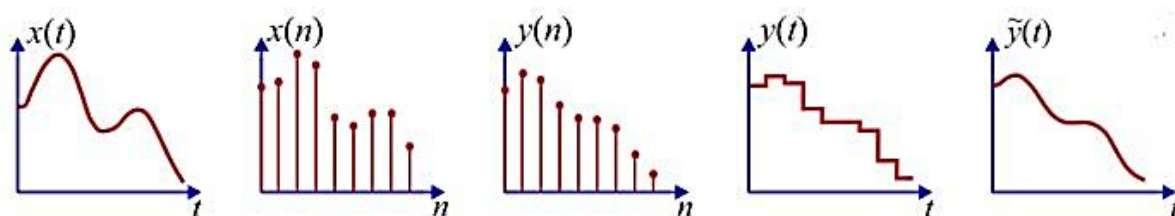


Рисунок 11 – Диаграммы алгоритма цифровой фильтрации.

Для реализации данного алгоритма структурная схема цифрового фильтра будет иметь следующий вид [33]:

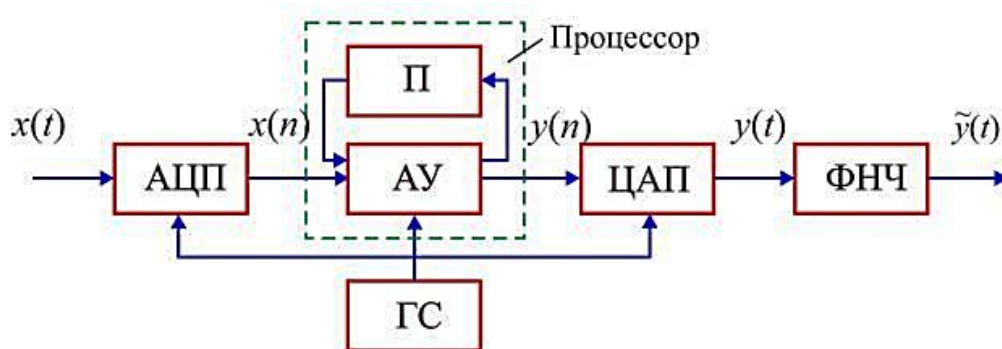


Рисунок 12 – Структурная схема цифрового фильтра, где АЦП – аналого-цифровой преобразователь, П – процессор, АУ – арифметическое устройство, ГС – генератор синхросигналов, ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь, ФНЧ – фильтр нижних частот.

При наличии микроконтроллера в разрабатываемой схеме, есть смысл реализации именно цифрового фильтра, так как это значительно упростит

принципиальную схему устройства, а, во-вторых, это экономически выгоднее, чем собирать дополнительный аналоговый фильтр.

Что касается метода компенсации нежелательного воздействия, то данный метод в основном применяется для компенсации постоянного, либо медленно меняющегося сигнала, посредством его измерения с последующим вычитанием из исходного сигнала. Структурно это можно представить следующим образом:

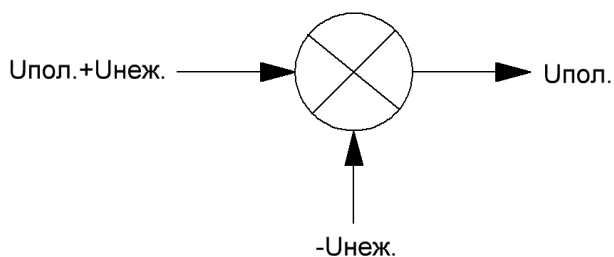


Рисунок 13 – Структурная схема компенсатора нежелательной составляющей сигнала, где Упол. – напряжение полезной составляющей сигнала, Унеж. – напряжение нежелательной составляющей сигнала.

В качестве такого компенсатора применяют дифференциальный усилитель, как вычитатель, АЦП для измерения нежелательной составляющей, ЦАП для формирования нежелательной составляющей сигнала по данным АЦП для последующего его вычитания из исходного сигнала.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1A21	Ерахтину Игорю Константиновичу

Институт	ИНК	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроника и наноэлектроника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Сумма бюджета проекта: 206415,4руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с нормами и нормативами расходования материалов.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Стандартная система налогообложения.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведена оценка коммерческого потенциала: 1.Потенциальные потребители результатов исследования. 2.Анализ конкурентных технических решений 3.SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Произведен расчет бюджета научных исследований.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определена ресурсная, финансовая, бюджетная эффективность исследования посредством расчета интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности и эффективности.

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Чистякова Наталья Олеговна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1A21	Ерахтин Игорь Константинович		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

В данном разделе производится учет всех технико-экономических факторов на каждой стадии проектирования, оценивается, будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевым рынком устройства для диагностики гематом головного мозга на основе метода оптической диффузионной томографии являются частные и государственные медицинские центры.

Сегментами рынка, на которых будет в будущем продаваться разработка, являются учреждения, связанные с диагностированием травм головного мозга.

Таблица 1. Карта сегментирования рынка услуг по диагностике гематом головного мозга.

		Области применения							
		Травматологические отделения	Нейрохирургические отделения	Неврологические отделения	Перинатальные центры	Машины скорой помощи	Медицина катастроф	Спортивная медицина	Военная медицина
Внедрение	Сильное								
	Среднее								
	Слабое								

- Муниципальные медицинские учреждения - Частные клиники

В таблице 1 приедена карта сегментирования рынка услуг по диагностике гематом головного мозга. По данной карте можно оценить, какие ниши на рынке услуг не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок. На основании этого сегменты, которые будут формировать целевой рынок: муниципальные медицинские учреждения, частные клиники, медицина при военных действиях, медицина катастроф, спортивная медицина.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения [23].

В качестве конкурентных разработок будем рассматривать «Infrascanner 2000» и компьютерный томограф «PhilipsBrillianceiCT».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i , \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i– балл i-го показателя [23].

Таблица 2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0.05	2	3	2	0.1	0.15	0.1
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.09	3	2	2	0.27	0.18	0.18
3. Помехоустойчивость	0.09	4	3	4	0.36	0.27	0.36
4. Энергоэкономичность	0.06	4	2	4	0.24	0.12	0.24
5. Надежность	0.04	3	5	3	0.12	0.2	0.12
6. Уровень шума	0.1	4	3	2	0.4	0.3	0.2
7. Безопасность	0.03	5	5	5	0.15	0.15	0.15
8. Потребность в ресурсах памяти	0.07	4	3	2	0.28	0.21	0.14
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0.01	4	5	3	0.04	0.05	0.03
10. Простота эксплуатации	0.08	2	5	4	0.16	0.4	0.32
11. Качество интеллектуального интерфейса	0.01	3	3	3	0.03	0.03	0.03
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0.01	5	5	5	0.05	0.05	0.05
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0.04	4	3	3	0.16	0.12	0.12
2. Уровень проникновения на рынок	0.03	4	1	4	0.12	0.03	0.12
3. Цена	0.11	1	5	2	0.11	0.55	0.22
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0.05	3	3	3	0.15	0.15	0.15
5. Послепродажное обслуживание	0.02	4	5	3	0.08	0.1	0.06
6. Финансирование научной разработки	0.07	5	1	5	0.35	0.07	0.35

7. Срок выхода на рынок	0.01	3	1	2	0.03	0.01	0.02
8. Наличие сертификации разработки	0.03	3	0	3	0.09	0	0.09
Итого	1	70	63	64	3.29	3.14	2.62

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 2, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная [23].

Уязвимость конкурентов состоит в том, что у существующих уже приборов есть некоторые несовершенства, касающиеся технической стороны, их диагностических возможностей.

Конкурентное преимущество разработки состоит в том, что в нашей модели эти технические несовершенства учтены и по возможности исправлены. Также стоит отметить, что цена нашей разработки меньше, чем у конкурентов.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [23].

Таблица 3. Матрица SWOT

	<p><i>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</i></p> <p>С1. Портативность прибора; С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с аналогами; С3. Простота и безопасность устройства при использовании; С4. Отсутствие идентичного прототипа российского производства</p>	<p><i>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</i></p> <p>Сл1. Отсутствие идентичного прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие необходимых материалов для проведения испытания опытного образца Сл3. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p>
<p><i>Возможности:</i></p> <p>В1. Выход научного изобретения на рынок В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>		
<p><i>Угрозы:</i></p> <p>У1. Ограничение на экспорт технологии У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства У3. Отсутствие квалифицированных кадров</p>		

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта, отображенную в таблице 4. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 4. Интерактивная матрица проекта.

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	-	+
	B 2	+	+	+	+
	B 3	-	+	-	-
Угрозы проекта	У1	-	0	0	+
	У2	0	-	-	+
	У3	-	-	-	-
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	
	B 1	0	-	0	
	B 2	-	-	-	
	B 3	0	+	+	
Угрозы проекта	У 1	+	-	-	
	У 2	+	-	-	
	У 3	-	-	+	

Таким образом, приходим к итоговой SWOT – матрице:

Таблица 5. Итоговая матрица SWOT

	<p><i>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</i></p> <p>C1.Портативность прибора;</p> <p>C2.Более низкая стоимость производства по сравнению с аналогами;</p> <p>C3. Простота и безопасность устройства при использовании;</p> <p>C4. Отсутствие идентичного прототипа российского производства</p>	<p><i>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</i></p> <p>Сл1. Отсутствие идентичного прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимых материалов для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл3. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p>
--	---	--

<p><i>Возможности:</i></p> <p>В1. Выход научного изобретения на рынок</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Высокая портативность прибора, низкая стоимость его производства по сравнению с аналогами, простота и безопасность устройства в пользовании, а также отсутствие идентичного прототипа прибора обеспечат высокий спрос на разрабатываемый продукт.</p> <p>Низкая стоимость производства по сравнению с аналогами обеспечит выход изобретения на рынок с конкурентно-способной ценой</p>	<p>Отсутствие идентичного прототипа научной разработки вызовет дополнительный спрос на данный продукт и обеспечит выход научного изобретения на рынок.</p>
<p><i>Угрозы:</i></p> <p>У1. Ограничение на экспорт технологии</p> <p>У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У3. Отсутствие квалифицированных кадров</p>	<p>Отсутствие российского аналога, высокое качество и портативность обеспечат высокий спрос на рынке</p>	<p>Отсутствие идентичного прототипа научной разработки обеспечит спрос на разрабатываемую технологию.</p>

4.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены.

Реализация метода предусматривает следующие этапы.

- Точная формулировка проблемы исследования.

Создание оптической системы для определения внутричерепных гематом.

- Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.

Источник стабильного тока, источник излучения, приемник излучения, устройство для обработки принятого сигнала, приведение в рабочее состояние, форма корпуса, что определяет, как получаем заключение по эксперименту, окружающая среда.

- Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике.

В рамках этого этапа составляется морфологическая матрица. Пример морфологической матрицы для оптической системы в таблице 6.

Таблица 6. Морфологическая матрица для оптической системы.

	1	2	3	4	5	6
А. Источник излучения	светодиод	лазерный светодиод	полупроводниковый лазерный модуль			без источника излучения
Б. Источник тока	химический источник тока	двухполюсный источник тока	источник стабильного тока		регулируемый источник стабильного тока	без источника тока
В. Приемник излучения	фотодиод	фотоэлектронный умножитель	фото-триод	фототранзистор		без приемника излучения
Г. Приведение в рабочее состояние	ручное включение	автоматическое включение	постоянно в рабочем состоянии	почасовое автоматическое включение		
Д. Устройство обработки сигнала	отдельный АЦП	АЦП микроконтроллера				без устройства обработки сигнала
Е. Форма корпуса	цилиндр	параллелепипед	по форме руки	конической		без корпуса
Ж. Что определяет	наличие внутричерепной гематомы	параметры внутричерепной гематомы	оптические свойства просвечиваемой ткани			
З. Как получаем заключение по эксперименту	выводятся на бумагу	выводятся на экран компьютера	Выводятся на экран прибора		световая индикация	не получаем результата

						в
И. Окружающая среда	воздух	вода	вакуум			
К. Блок формирования напряжений	Отдельный ЦАП	ЦАП микроконтроллера	Источник управляемого напряжения			Без блока формирования напряжения

Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений. Для данной матрицы это может быть:

A3B5B1Г1Д1Е2Ж2

сп1: 32И1К2

A2B3B1Г1Д2Е2Ж2

сп2: 33И1К2

A1B3B1Г3Д2Е2Ж2

сп3: 35И1К1

Вариант исполнения реализованный в данной бакалаврской работе – 1.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому

виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей [23].

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 7.

Таблица 7. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Проведение патентных исследований	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель темы
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	7	Написание программ	Инженер
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель темы
	10	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель темы
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка блок-схем, принципиальных схем	Инженер
	12	Выбор и расчет конструкции	Инженер
	13	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Инженер
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	14	Конструирование и изготовление макета (опытного образца)	Инженер
	15	Лабораторные испытания макета	Руководитель, инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	16	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования [23].

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{\min\ i} + 2 \cdot t_{\max\ i}}{5}, \quad (4.2)$$

где $t_{ож\ i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн; $t_{\min\ i}$ - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.; $t_{\max\ i}$ - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 % [23].

$$T_{p_i} = \frac{t_{ож\ i}}{q_i}, \quad (4.3)$$

где T_{p_i} - продолжительность одной работы, раб.дн; $t_{ожид}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. дн; $Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на одном этапе, чел.

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{\kappa_i} = T_{p_i} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.4)$$

где T_{κ_i} - продолжительность одной работы в календарных днях; $k_{\text{кал}}$ - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.5)$$

где $T_{\text{кал}}$ - количество календарных дней году (366); $T_{\text{вых}}$ - количество выходных дней в году (52); $T_{\text{пр}}$ - количество праздничных дней в году (15).

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 52 - 15} = 1.22$$

Данные полученные по вышеуказанным формулам, заносятся в таблицу 8.

Используя таблицу 8, можно построить календарный план-график выполнения работ (Таблица 9).

Таблица 8. Временные показатели проведения научного исследования.

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители		Длитель- ность работ в рабочих днях T_{pi}			Длитель-ность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ож\acute{c}i}$, чел-дни										
	Исп.1	Исп. 2	Исп. 3	Исп.1	Исп. 2	Исп. 3	Исп.1	Исп. 2	Исп. 3	Р	И	Исп.1	Исп. 2	Исп. 3	Исп.1	Исп. 2	Исп. 3
Составление и утверждение технического задания	3	3	3	5	5	5	3,8	3,8	3,8	1	0	3,8	3,8	3,8	5	5	5
Подбор и изучение материалов по теме	12	13	13	14	15	15	12,8	13,8	13,8	0	1	12,8	13,8	13,8	16	17	17
Проведение патентных исследований	5	6	5	7	8	7	5,8	6,8	5,8	0	1	5,8	6,8	5,8	7	8	7
Выбор направления исследований	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	1	1	0,7	0,7	0,7	1	1	1
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	1	0	1,8	1,8	1,8	2	2	2

по теме																	
Проведение теоретических расчетов и обоснований	4	3	3	4	3	3	4	3	3	0	1	4	3	3	5	4	4
Написание программ	5	5	5	6	6	6	5,4	5,4	5,4	0	1	5,4	5,4	5,4	7	7	7
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	0	1	1,4	1,4	1,4	2	2	2
Оценка эффективности полученных результатов	2	2	2	4	3	4	2,8	2,4	2,8	1	0	2,8	2,4	2,8	3	3	3
Определение целесообразности проведения ОКР	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	1	0	1,4	1,4	1,4	2	2	2
Разработка блок-схем, принципиальных схем	11	10	12	13	11	14	11,8	10,4	12,8	0	1	11,8	10,4	12,8	14	13	16
Выбор и расчет конструкции	6	6	6	8	8	8	6,8	6,8	6,8	0	1	6,8	6,8	6,8	8	8	8
Оценка эффективности	1	2	1	2	3	2	1,4	2,4	1,4	0	1	1,4	2,4	1,4	2	3	2

производства и применения проектируемого изделия																	
Конструирование и изготовление макета (опытного образца)	7	6	8	8	7	9	7,4	6,4	8,4	0	1	7,4	6,4	8,4	9	8	10
Лабораторные испытания макета	11	11	12	13	12	13	11,8	11,4	12,4	1	1	5,9	5,7	6,2	7	7	8
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4	3,4	0	1	3,4	3,4	3,4	4	4	4
ИТОГО	74	74	77	97	94	99	83,2	82	85,8	6	12	76,6	75,6	78,9	93	92	96

Таблица 9. Календарный план график.

Название работы	Исполни тель	T _{ki}	февраль			март			Апрель			май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Составление и утверждение технического задания	Р	5												
Подбор и изучение материалов по теме	И	16												
Проведение патентных исследований	И	7												
Выбор направления исследований	Р, И	1												
Календарное планирование работ по теме	Р	2												
Проведение теоретических расчетов и обоснований	И	5												
Написание программ	И	7												
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	И	2												
Оценка эффективности полученных результатов	Р	3												
Определение целесообразности проведения ОКР	Р	2												

Разработка блок-схем, принципиальных схем	И	14					
Выбор и расчет конструкции	И	8					
Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	И	2					
Конструирование и изготовление макета (опытного образца)	И	9					
Лабораторные испытания макета	Р, И	7					
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	И	4					

Инженер -  дитель - 

4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_m) \sum_{i=1}^Q C_i N_{расхi} \quad (4.6)$$

где Q - количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении диплома; $N_{расхi}$ - количество материальных ресурсов, планируемых к использованию при выполнении диплома (шт., кг, м и т.д.); C_i - цена приобретенной единицы -го вида (руб./шт., руб./кг, руб./м и т.д.); k_m - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 10. Материальные затраты.

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за единицу, руб.			Затраты на материалы (с учетом транспортных расходов), (Z_m), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Микроконтроллер STM32f407VG	шт	1	1	1	730	750	800	730	750	800
Операционные усилители AD8571	шт	3	3	3	160	160	160	480	480	480
Операционные усилители AD8551	шт	2	2	2	180	180	180	360	360	360
Постоянные резисторы	шт	25	25	25	160	160	160	4000	4000	4000
Пподстроечные резисторы	шт	5	5	5	30	35	40	150	175	200

стры										
Дисплей H1602A	шт	1	1	1	230	260	250	230	260	250
Конденсаторы	шт	20	20	20	3	3,5	3,5	60	70	70
Аналоговый мультиплексор	шт	1	1	1	230	230	230	230	230	230
Переходник USB-UART	шт	1	1	1	200	300	150	200	300	150
Стабилизатор напряжения	шт	1	1	1	30	35	35	30	35	35
Цифровой резистор	шт	1	1	1	250	250	250	250	250	250
Транзисторы	шт	2	2	2	25	30	25	50	60	50
Фотоприемник	шт	1	1	1	230	200	200	230	200	200
Лазерные светодиоды	шт	2	2	2	150	150	150	300	300	300
Припой	гр	25	25	25	5	5	5	125	125	125
Флюс	шт	1	1	1	25	35	40	25	35	40
Провода	м	5	5	5	12	12	12	60	60	60
Стеклотекстолит	шт	2	2	2	115	120	122	230	240	244
Бумага	пач	1	1	1	100	100	120	100	100	120
Ручка	шт	2	2	2	30	35	50	60	70	100
Итого, руб.								7900	8100	8064

По полученным расчетам видно, что предложенное «Исполнение 1» имеет меньшую итоговую стоимость, при этом характеристики устройства прибора остаются на том же уровне, что и в более дорогих исполнениях.

4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной

аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены [23]. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений. Результаты расчетов представлены в таблице 11.

Таблица 11. Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ.

п/п	Наименование оборудования	Количество			Цена за единицу, руб.			Общая стоимость, руб.		
		Исп. 1	Исп.2	Исп. 3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Источник питания	1	1	1	5000	6000	5500	5000	6000	5500
2	Осциллограф	1	1	1	20000	25000	15000	20000	25000	15000
3	Паяльная станция	1	1	1	7000	7500	9000	7000	7500	9000
4	Компьютер	1	1	1	25000	22000	30000	25000	22000	30000
Итого, руб.								57000	60500	59500

4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия,

выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.7)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4.8)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m * M}{F_o}, \quad (4.9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года ($M=10,4$ месяца, 6-дневная рабочая неделя, при отпуске в 48 раб.дня);

F_o – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн (таблица 12).

Таблица 12. Баланс рабочего времени.

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366

Количество нерабочих дней – выходные дни - праздничные дни	64	64
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезням	30	30
Действительный годовой фонд рабочего времени	272	272

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}}, \quad (4.10)$$

где $З_{\text{тс}}$ - заработная плата по тарифной ставке, руб;

$k_{\text{пр}}$ - премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ - коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ - районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска) [23].

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 13.

Таблица 13. Расчет основной заработной платы.

Исполнители	Разряд	$З_{\text{тс}}$, руб	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб	$З_{\text{дн}}$, руб	$T_{\text{р}}$, Раб.д н	$З_{\text{осн}}$, руб
Руководитель	Доцент , к. т. н.	23264,9	0,3	0,2	1,3	45366,4	1734, 6	16,4	28447,4
Инженер	1	6976,22	0,3	0,2	1,3	13603,6	520,1	66,8	34745,3
ИТОГО, руб									63192,7

Таблица 14. Расчет основной заработной платы.

Исполнители по категориям	$T_{\text{ки}}$, чел.-дн.	$З_{\text{дн}}$, руб	$З_{\text{осн}}$, руб.
------------------------------	----------------------------	-----------------------	-------------------------

Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Р	Р	Р	20	20	21	1734,6	1734,6	1734,6	34692	34692	36426,6
И	И	И	82	82	86	520,1	520,1	520,1	42648,2	42648,2	44728,6
ИТОГО, руб									77340,2	77340,2	81155,2

4.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4.11)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таблица 15. Расчет дополнительной заработной платы.

З _{осн} , руб.			К _{доп} .	З _{доп} , руб.		
Исп.1.	Исп.1.	Исп.1.		Исп.1.	Исп.1.	Исп.1.
77340	77340	81155	0,15	11601,0	11601,0	12173,3

4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}), \quad (4.12)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1% [23].

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (таблица 16).

Таблица 16. Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	34692	34692	36426,6	5203,8	5203,8	780,57
Студент - дипломник	42648,2	42648,2	44728,6	6397,23	6397,23	6709,29
$k_{внеб}$	0,271					
Итого						
Исполнение 1	24103,1					
Исполнение 2	24103,1					
Исполнение 3	24022,8					

4.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.13)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

4.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 17.

Таблица 17. Расчет бюджета затрат НТИ.

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	7900	8100	8064	Пункт 5.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	57000	60500	59500	Пункт 5.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	77340,2	77340,2	81155,2	Пункт 5.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	11601,0	11601,0	12173,3	Пункт 5.4.4

темы				
5. Отчисления во внебюджетные фонды	24103,1	24103,1	24022,8	Пункт 5.4.5
6. Накладные расходы	28471,088	29063,088	29586,448	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	206415,4	210707,4	214501,7	Сумма ст. 1- 6

4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.i}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.14)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.i}}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки (таблица 18) отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее

численное удешевление стоимости разработки в разах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Таблица 18. Расчет Интегрального финансового показателя.

№ исполнения	Стоимость исполнения	Максимальная стоимость исполнения	Интегральный финансовый показатель
1	206415,4	214501,7	0,95
2	210707,4		0,98
3	214501,7		1,00

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.15)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 19).

Таблица 19. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	4	5

2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	3	5
3. Помехоустойчивость	0,15	5	4	4
4. Энергосбережение	0,25	5	4	3
5. Надежность	0,15	4	4	5
6. Материалоемкость	0,20	5	4	3
ИТОГО	1			

$$I_{p-исн1} = 4*0,1 + 5*0,15 + 5*0,15 + 5*0,25 + 4*0,15 + 5*0,20 = 4,75;$$

$$I_{p-исн2} = 4*0,1 + 3*0,15 + 4*0,15 + 4*0,25 + 4*0,15 + 4*0,20 = 3,85;$$

$$I_{p-исн3} = 5*0,1 + 5*0,15 + 4*0,15 + 3*0,25 + 5*0,15 + 3*0,20 = 3,95.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{иснi.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исн.1} = \frac{I_{p-исн1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исн.2} = \frac{I_{p-исн2}}{I_{финр.2}} \quad \text{и т.д.} \quad (4.16)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. таблица 20) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исн.1}}{I_{исн.2}} \quad (4.17)$$

Таблица 20. Сравнительная эффективность разработки.

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,95	0,98	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,75	3,85	3,95
3	Интегральный показатель эффективности	5,00	3,93	3,95
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,00	1,27	1,27

Сравнив эффективности всех исполнений можно сделать вывод, что самым экономически выгодным исполнением является исполнение номер один. Экономическая выгода данного исполнения достигается за счет того, что для создания данного устройства подобраны такие комплектующие, стоимость которых ниже, чем в других исполнениях, но при этом данное исполнение не теряет своих характеристик. Также для создания данного устройства выбрано оборудование более низкой ценовой категории, это объясняется тем, что оборудования более высших ценовых категорий имеют более расширенный функционал, в котором нет необходимости. Что касается сроков изготовления устройства, то оно тоже ниже в исполнении 1, следовательно, будут меньше отчисления на заработную плату разработчикам.

На данный момент рассчитываемый комплекс является первым на рынке. Тем самым научная новизна оказывает положительное влияние на спрос продукта.